

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
**INSTITUT NATIONAL  
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
 PARIS

① N° de publication : **2 750 544**  
 (à n'utiliser que pour les  
 commandes de reproduction)

② N° d'enregistrement national : **96 07989**

⑤ Int Cl<sup>6</sup> : H 02 P 8/36

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

② Date de dépôt : 27.06.96.

③ Priorité :

④ Date de la mise à disposition du public de la  
 demande : 02.01.98 Bulletin 98/01.

⑤ Liste des documents cités dans le rapport de  
 recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
 présent fascicule.*

⑥ Références à d'autres documents nationaux  
 apparentés :

⑦ Demandeur(s) : VALEO ELECTRONIQUE SOCIETE  
 ANONYME — FR.

⑧ Inventeur(s) : HUYNH TAN DUC.

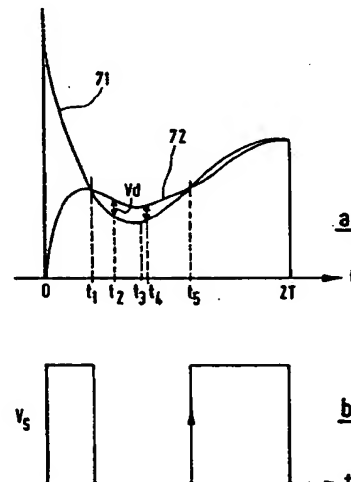
⑨ Titulaire(s) :

⑩ Mandataire : VALEO MANAGEMENT SERVICES.

⑪ **PROCEDE DE DETECTION DU BLOCAGE DU ROTOR D'UN MOTEUR PAS A PAS ET DISPOSITIF DE  
 COMMANDE D'UN MOTEUR PAS A PAS LE METTANT EN OEUVRE.**

⑫ La présente invention concerne un procédé de détection du blocage du rotor d'un moteur pas à pas ainsi qu'un dispositif de commande d'un moteur pas à pas le mettant en oeuvre, ledit dispositif comprenant des moyens de surveillance du changement de signe du gradient de la tension (71) aux bornes d'une des bobines (MM1-MM4) du stator pendant les phases (I-II) d'une séquence de commande en tension des bobines du stator, où le courant dans la bobine (MM1) surveillée est nul.

Application à la commande de la position d'un volet de réglage d'une installation de chauffage ventilation et/ou climatisation pour véhicule automobile.



FR 2 750 544 - A1



La présente invention concerne un procédé de détection du blocage du rotor d'un moteur pas à pas ainsi qu'un dispositif de commande d'un moteur pas à pas unipolaire le mettant en oeuvre.

5 Elle trouve avantageusement application pour des moteurs pas à pas unipolaires utilisés pour la commande de mécanismes dans des véhicules automobiles, tels que des mécanismes de réglage de la position de volets utilisés dans des installations de chauffage/ventilation  
10 ou de climatisation.

On a représenté schématiquement sur la figure 1 et sur la figure 2 un moteur pas à pas unipolaire à quatre phases, ainsi qu'un circuit pour la commande en tension de ce moteur. Ce moteur comporte un rotor 1 et  
15 deux bobines 2 et 3.

Le rotor 1 est constitué par un aimant cylindrique permanent présentant par exemple 24 pôles.

Les deux bobines 2 et 3 sont chacune alimentées en tension en un point milieu M relié à une source de tension continue Vc qui est par exemple la batterie du  
20 véhicule délivrant audit point milieu M une tension de +12 Volts.

Les extrémités desdites bobines, référencées par M1 et M2 pour la bobine 2 et par M3 et M4 pour la bobine  
25 3, sont chacune reliées à la masse par un interrupteur, référencé respectivement de I1 à I4. Ces différents interrupteurs I1 à I4 sont commandés par une électronique de contrôle 4. Un cycle de commande approprié de ces interrupteurs I1 à I4 permet la rotation du moteur.

30 Par abus de langage, on parle des bobines MM1, MM2, MM3 et MM4 pour désigner les quatre demi-bobines qui correspondent aux quatre phases du stator d'un tel moteur pas à pas. Dans la suite, on utilisera indistinctement les termes bobines, demi-bobines, branches ou phases,

pour désigner les enroulements inductifs constituant les différentes phases du stator.

Un moteur pas à pas est classiquement associé à un réducteur, pour former un motoréducteur pas à pas. Les  
5 moteurs pas à pas remplacent avantageusement le couple moteur à courant continu/détecteur de position, la position du rotor du moteur étant connue à tout instant sans nécessiter de capteur, par comptage/décomptage des pas effectués dans un sens de rotation ou dans l'autre.  
10 Ce comptage/décomptage permet bien sûr de connaître l'angle parcouru par le motoréducteur et donc la position du volet. Les motoréducteurs pas à pas permettent un positionnement très précis dudit volet.

Cependant, la commande du moteur pas à pas  
15 s'effectuant sans connaissance de la position effective du rotor, il n'est pas possible de détecter de façon directe le blocage de celui-ci.

Un tel blocage peut survenir lorsque le moteur pas à pas est soumis à un couple mécanique résistant  
20 important, par exemple lorsque le mouvement du volet qui est entraîné par le motoréducteur est ralenti voire stoppé par la présence d'un corps étranger dans le conduit d'air.

Ceci occasionne une perte de synchronisme entre  
25 la commande du moteur et la position effective du volet, le nombre de pas effectués étant différent du nombre de pas commandés.

De plus, la poursuite de la commande du moteur alors que le rotor est bloqué est une source de bruit  
30 acoustique très dommageable lorsqu'il s'agit d'une application dans une installation de chauffage/ventilation ou de climatisation pour véhicule automobile.

Enfin, la poursuite de la commande du moteur  
35 malgré le blocage du rotor peut conduire à une

destruction du motoréducteur et/ou des mécanismes entraînés.

Dans le document DE-A 40 35 970, il est proposé un procédé et un dispositif de détection du blocage du rotor d'un moteur pas à pas, consistant à mesurer la tension aux bornes d'au moins deux phases du moteur et à comparer leurs valeurs à une valeur de seuil déterminée, un blocage du rotor étant détecté lorsque les valeurs mesurées sont inférieures à ladite valeur de seuil.

Le dispositif décrit dans ce document est cependant encore imparfait. En effet, il nécessite de porter chaque tension mesurée sur une entrée de conversion analogique/numérique d'un microcontrôleur pour que sa valeur soit numériquement comparée à la valeur de seuil. D'autre part, il nécessite la génération de la valeur de seuil sous la forme d'une tension continue également portée sur une entrée de conversion analogique/numérique du microcontrôleur, dont la valeur est variable en fonction de la valeur de la tension d'alimentation du dispositif afin de s'affranchir des éventuelles variations de cette tension.

Selon un premier inconvénient de ce dispositif, la valeur de seuil qui est effectivement générée est très dépendante de la dispersion sur la valeur des composants utilisés pour générer la tension continue. La précision sur la valeur de seuil est pourtant très importante puisque celle-ci détermine la sensibilité du dispositif de détection du blocage.

Selon un autre inconvénient de ce dispositif, il est nécessaire d'utiliser un microcontrôleur comprenant beaucoup d'entrées de conversion analogique/numérique, donc d'un coût relativement élevé. Les étapes de conversion analogique/numérique sont de plus des étapes qui nécessitent un temps de traitement non négligeable. Le programme de pilotage du moteur pas à pas doit de plus

comporter une routine particulière pour traiter l'ensemble des données ainsi acquises.

5 L'objet de la présente invention est de pallier ces inconvénients de l'état de la technique en supprimant la nécessité de générer une tension de seuil de valeur déterminée, et en supprimant les étapes de conversion analogique/numérique de la tension aux bornes des phases du stator.

10 A cet effet, la présente invention concerne un procédé de détection du blocage du rotor d'un moteur pas à pas comportant un rotor magnétique et un stator qui présente une pluralité de bobines commandées en tension selon une séquence répétitive afin d'entraîner le rotor en rotation. Selon l'invention, on surveille un  
15 changement du signe du gradient de la tension aux bornes d'au moins une bobine déterminée du stator pendant les phases de la séquence de commande où le courant dans ladite bobine surveillée est nul.

20 Le procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :

- mémorisation de la valeur minimale de la tension aux bornes de la bobine surveillée du stator ;
- comparaison entre ladite valeur mémorisée et la valeur courante de cette tension ;
- 25 - génération d'une information de blocage lorsque, pendant les phases de la séquence de commande où le courant dans la bobine surveillée est nul, ladite valeur courante devient supérieure à ladite valeur mémorisée plus une marge déterminée.

30 L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé ci-dessus. En effet, elle concerne un dispositif pour la commande d'un moteur pas à pas comportant un rotor magnétique et un stator qui présente une pluralité de bobines, ainsi qu'une unité de  
35 contrôle pour commander la tension aux bornes des bobines

selon une séquence répétitive afin d'entraîner le rotor en rotation.

Selon l'invention, le dispositif comporte des moyens de détection du blocage du rotor comprenant des  
5        moyens de surveillance d'un changement du signe du gradient de la tension aux bornes d'au moins une bobine déterminée du stator pendant les phases de la séquence de commande où le courant dans la bobine surveillée est nul.

10        Par gradient de la tension, il faut ici comprendre qu'il s'agit de la dérivée de cette grandeur par rapport au temps.

Ainsi, ce n'est plus par comparaison entre la tension aux bornes d'une bobine et une valeur de seuil déterminée, mais par surveillance d'un changement du sens  
15        de variation de cette tension que la détection du blocage est réalisée. Il n'y a donc plus besoin de générer une tension continue correspondant à une tension de seuil déterminée et les problèmes de sensibilité de détection du blocage dus à l'incertitude sur la valeur de cette  
20        tension sont supprimés.

Selon une caractéristique de l'invention, les moyens de surveillance d'un changement du signe du gradient de la tension aux bornes de la bobine surveillée comprennent un moyen de mémorisation de la valeur  
25        minimale de cette tension, et un moyen de comparaison entre ladite valeur mémorisée et la valeur courante de cette tension dont la sortie change d'état lorsque, pendant les phases de la séquence de commande où le courant dans la bobine à surveiller est nul, ladite  
30        valeur courante devient supérieure à ladite valeur mémorisée plus une marge déterminée.

Avantageusement, le moyen de mémorisation de la valeur minimale de la tension aux bornes de la bobine surveillée comprend un condensateur qui est chargé par la  
35        tension aux bornes de la bobine surveillée à travers une



première résistance et une première diode connectée en parallèle sur la ladite résistance et dont l'anode est connectée entre ledit condensateur et ladite résistance.

5        Selon un premier mode de réalisation, le moyen de comparaison comprend un comparateur dont une première entrée reçoit la tension aux bornes de la bobine surveillée et dont la seconde entrée reçoit la tension mémorisée dans le moyen de mémorisation.

10       Selon un second mode de réalisation, le moyen de comparaison comprend un comparateur dont une première entrée reçoit d'une part la tension aux bornes de la bobine surveillée à travers une deuxième résistance, et d'autre part la tension aux bornes d'une seconde bobine commandée en opposition de phase par rapport à la bobine  
15       surveillée à travers une seconde diode, et dont la seconde entrée reçoit la tension mémorisée dans le moyen de mémorisation.

20       Selon un avantage de l'invention, tous ces moyens sont extérieurs à l'unité de contrôle et sont réalisés en composants discrets de faible coût.

      L'unité de commande comprend un circuit intégré tel qu'un microcontrôleur, et la sortie du comparateur est connectée à une entrée dudit circuit à travers un pont diviseur.

25       En conséquence seule une entrée de l'unité de commande est requise pour recevoir un signal de détection du blocage du rotor.

      Cette entrée est préférentiellement une entrée numérique telle qu'une entrée d'interruption, une  
30       interruption du programme pour la mise en oeuvre de la séquence de commande de la tension aux bornes des bobines du stator étant générée en cas de réception d'un front sur cette entrée pendant les phases de la séquence de commande où le courant dans la bobine à surveiller est  
35       nul.

De cette manière, aucune conversion analogique/numérique n'est nécessaire pour traiter les données acquises.

5 L'invention concerne enfin une installation de chauffage ventilation et/ou climatisation qui comporte au moins un volet de réglage de la quantité ou de la qualité (chaud/froid) de l'air qui est entraîné par un motoréducteur pas à pas mettant en oeuvre le dispositif de commande défini ci-dessus.

10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre en référence aux dessins annexés qui sont :

15 - à la figure 1 et à la figure 2 déjà analysées, des représentations schématiques d'un moteur pas à pas ;

- aux figures 3a à 3e, des diagrammes temporels illustrant une séquence répétitive de la commande en tension des phases du moteur ;

20 - aux figures 4a et 4b, des diagrammes temporels montrant la forme de la tension effective aux bornes d'une phase dans plusieurs cas de fonctionnement ;

- à la figure 5, un schéma d'un premier mode de réalisation du dispositif selon l'invention ;

25 - à la figure 6, un schéma d'un second mode de réalisation du dispositif selon l'invention ;

- à la figure 7a, un diagramme temporel de signaux produits par le dispositif selon l'invention, et à la figure 7b le signal de détection du blocage du rotor.

30 - aux figures 8a à 8d, des diagrammes temporels de signaux produits par le dispositif selon l'invention, selon le premier et le second mode de réalisation de l'invention.

35 A la figure 3 on a représenté un cycle de commande des interrupteurs I1 à I4 de la figure 2, pour

la commande du moteur pas à pas représenté schématiquement à la figure 1.

5 Sur la figure 3a, on a représenté en fonction du temps, une séquence d'impulsions de l'horloge de l'électronique de contrôle 4. La durée de la période T entre deux impulsions successives est de 10 millisecondes.

10 Sur les figures 3b à 3e, on a représenté en fonction du temps les tensions V1 à V4 imposées aux points M1 à M4 par la séquence d'ouverture ou de fermeture des interrupteurs I1 à I4. Les séquences de tension représentées sur ces figures 3b à 3e sont synchronisées sur la séquence d'impulsions représentée sur la figure 3a.

15 Les tensions V1 à V4 imposées aux points M1 à M4 sont représentées aux figures 3b à 3e dans leur forme idéale, c'est à dire sous forme de créneaux de tension.

20 Comme on peut le voir sur ces figures, la tension V3 est le complément de la tension V1, la tension V4 étant le complément de la tension V2. Dit autrement, les tensions de commande des bobines M1 et M3 sont en opposition de phase (décalées de  $180^\circ$ ), et les tensions de commande des bobines M2 et M4 sont également en opposition de phase.

25 La tension V2 est en retard de  $90^\circ$  par rapport à la tension V1. De même la tension V4 est en retard de  $90^\circ$  par rapport à la tension V3. Ainsi chaque interrupteur I1 à I4 est fermé pendant deux phases successives, la branche MM1 à MM4 correspondante étant alors traversée  
30 par un courant qui engendre un flux magnétique, et la tension aux bornes de ladite branche étant idéalement égale à la tension d'alimentation positive Vc. Il est ensuite ouvert pendant les deux phases suivantes, la branche MM1 à MM4 n'étant alors traversée par aucun

courant, et la tension aux bornes de ladite branche étant alors idéalement nulle.

La séquence de commande illustrée sur les figures 3a à 3e est la suivante :

5                   - pendant la phase I (pas 1 à pas 2), ce sont les branches MM2 et MM3 qui sont parcourues par un courant (I2 et I3 fermés) et qui engendrent des flux magnétiques, les tensions aux bornes des branches MM1 et MM4 étant nulles (I1 et I4 ouverts) ;

10                   - pendant la phase II (pas 2 à pas 3), ce sont les branches MM3 et MM4 de la bobine 3 qui sont parcourues par un courant (I3 et I4 fermés) et qui engendrent des flux magnétiques, les tensions aux bornes des branches MM1 et MM2 de la bobine 1 étant nulles (I1 et I2 ouverts);

15                   - pendant la phase III (pas 3 à pas 4), ce sont les branches MM1 et MM4 qui sont parcourues par un courant (I3 et I4 fermés) et qui engendrent des flux magnétiques, les tensions aux bornes des branches MM2 et MM3 de la bobine 1 étant nulles (I2 et I3 ouverts) ;

20                   - pendant la dernière phase IV (pas 4 vers nouvelle séquence), les branches MM1 et MM2 de la bobine sont toutes deux parcourues par un courant (I1 et I1 fermés) et engendrent des flux magnétiques, les tensions aux bornes des branches MM3 et MM4 de la bobine 2 étant nulles (I3 et I4 ouverts);.

25                   Ainsi qu'on l'aura compris le circuit de contrôle 4 ainsi que les interrupteurs I1 à I4, sont compris dans un circuit intégré dédié tel qu'un microcontrôleur.

30                   A la figure 5 on a représenté un tel circuit 60 dont des sorties OUT1 à OUT4 sont directement reliées aux extrémités des bobines M1 à M4. L'état haut ou bas desdites sorties du circuit intégré, correspond à l'état respectivement ouvert ou fermé des interrupteurs I1 à I4

35                   de la figure 2.

Ce circuit 60 est par exemple un circuit intégré capable de fournir sur ses sorties le courant nécessaire à l'alimentation des phases du stator.

5 Le circuit 60 comporte une horloge interne délivrant un signal d'horloge de période T. Il comporte aussi une entrée VDD pour recevoir une tension d'alimentation par exemple 5 Volts, l'entrée VDD étant par ailleurs reliée à la masse à travers un condensateur de découplage C.

10 Le circuit 60 comporte de plus une première zone de mémoire non volatile (registre) dans laquelle est sauvegardé un programme pour la mise en oeuvre de la séquence de commande de la tension aux bornes des bobines du stator.

15 Le circuit 60 comporte en outre une entrée numérique INT pour recevoir un signal logique. Une interruption du programme en cours d'exécution peut être générée lorsqu'un front montant ou, selon le cas, un front descendant, est reçu sur cette entrée. Il peut  
20 s'agir d'une entrée numérique classique ou bien d'une entrée d'interruption.

Le circuit 60 comporte enfin un compteur/décompteur dont la valeur est sauvegardée dans une seconde zone de mémoire, qui fournit une information  
25 sur la position angulaire instantanée du servomoteur et donc du volet de ventilation ou de climatisation entraîné par le servomoteur.

Une opération de calage du moteur consiste à commander le moteur pour qu'il atteigne une position de  
30 butée mécanique, cette butée s'exprimant comme la valeur 0% (ou 100%) de la position angulaire du volet exprimée en pourcentage d'un angle de rotation correspondant à la course totale du volet. L'opération de calage est réalisée à la première mise sous tension du système et  
35 peut être renouvelée aussi souvent qu'il est nécessaire

pour resynchroniser le dispositif. La valeur du compteur/décompteur du nombre de pas commandés est initialisée à zéro après réalisation de l'opération de calage.

5           Le moteur peut ensuite être commandé pour atteindre une position angulaire de consigne qui est exprimée en pourcentage. La valeur du compteur de pas commandés est incrémentée d'une unité lorsque le moteur est commandé pour effectuer un pas dans un premier sens  
10 de rotation, et est décrémentée d'une unité lorsque le moteur est commandé pour effectuer un pas dans l'autre sens.

          Ainsi qu'il a été rappelé en préambule de la présente demande, il est nécessaire de détecter tout  
15 blocage éventuel du rotor du moteur, pouvant entraîner une perte de synchronisme entre le nombre de pas commandés par le circuit 60 et le nombre de pas effectivement réalisés par le moteur. C'est cette détection du blocage du rotor qui est permise par le  
20 procédé et le dispositif selon l'invention.

          A la figure 4a, on a représenté en fonction du temps, une séquence d'impulsions de l'horloge interne pilotant le circuit 60. Ces impulsions sont périodiques de période T, la période T correspondant à la durée d'un  
25 pas du moteur.

          A la figure 4b on a représenté la forme de la tension V1 effective au point M1 (première bobine MM1) durant les phases I et II de la figure 3b, c'est à dire lorsque la sortie OUT1 du circuit 60 est à l'état haut  
30 (interrupteur I1 ouvert).

          Dans la pratique, cette tension n'a pas la forme idéale d'un créneau de tension tel que représenté à la figure 3b. En effet, en raison du caractère essentiellement inductif des bobines MM1 à MM4, la  
35 tension effective à leurs bornes lorsque l'interrupteur

correspondant est ouvert présente la forme représentée à la figure 4b par la courbe 51 correspondant à un fonctionnement normal (sans blocage du rotor). Ainsi qu'on peut le voir sur cette figure, correspondant à une tension d'alimentation  $V_c$  égale à 12 Volts, le niveau de la tension effective  $V_l$  présente un pic pouvant atteindre une valeur de 36 Volts. Ce pic correspond à une surtension aux bornes de la charge inductive constituée par la bobine MM1. La tension effective aux bornes de la bobine décroît ensuite selon une courbe sensiblement hyperbolique jusqu'à atteindre une valeur approximativement égale à  $V_c$  au bout d'un temps  $2T$  correspondant à deux fois la période  $T$  de l'horloge.

Selon une observation importante, à la base du principe de l'invention, la forme et l'évolution de la tension aux bornes d'une bobine dépendent du couple résistant qui est appliqué au rotor du moteur par le mécanisme entraîné.

En effet, il peut être observé que la décroissance de cette tension succédant au pic de surtension est d'autant plus rapide que le rotor du moteur est soumis à un couple résistant important.

Sur la figure 4b, la première courbe 51 correspond à l'évolution de la tension  $V_l$  en fonction du temps dans le cas d'un fonctionnement normal et la seconde courbe 52 correspond à l'évolution de cette tension  $V_l$  dans le temps en cas de blocage partiel du rotor du moteur, c'est à dire lorsqu'un couple résistant non négligeable est appliqué au rotor par le mécanisme entraîné.

En comparant les courbes 51 et 52, on voit que la tension  $V_l$  aux bornes de la bobine MM1 décroît beaucoup plus rapidement lorsque le rotor est partiellement bloqué que dans le cas d'un fonctionnement normal.

Par ailleurs, on a aussi représenté une troisième courbe 53 correspondant à un blocage complet du rotor du moteur. On voit que la courbe 53 passe en dessous du niveau de la tension  $V_c$  avant de remonter et de se stabiliser autour de cette valeur au bout d'un temps sensiblement égal à  $2T$ . La différence entre la tension d'alimentation  $V_c$  et la valeur minimale atteinte par la tension  $V_1$  en cas de blocage complet du rotor peut atteindre plusieurs volts.

Ce phénomène semble provenir de ce que, lorsque le volet entraîné par le rotor est complètement immobilisé par un obstacle, le rotor se met à vibrer à la fréquence de commande des phases du stator, du fait qu'il se décroche puis s'accroche de nouveau au champ tournant du stator.

Ainsi qu'on peut le voir sur cette figure, la courbe 53 présente alors nécessairement une première portion pendant laquelle sa pente est négative et une seconde portion pendant laquelle sa pente est positive. Dit autrement, la courbe 53 présente une inflexion.

L'invention a pour but d'exploiter ce phénomène pour en déduire un blocage complet du rotor, en détectant l'inversion de la pente de la tension aux bornes d'au moins une phase du rotor, c'est à dire aussi l'inversion du signe de la dérivée de la tension  $V_1$  par rapport au temps.

A la figure 5, partiellement décrite ci-dessus, on a représenté un premier mode de réalisation de l'invention.

La borne  $M_1$  de la bobine  $MM_1$  est connectée, d'une part, à l'entrée non inverseuse d'un amplificateur opérationnel 65 fonctionnant en comparateur, et d'autre part, à l'entrée inverseuse du comparateur 65 à travers une résistance  $R_1$  de valeur égale à 20 Kohms par exemple.



Une diode D1 est connectée en parallèle sur la résistance R1, son anode étant connectée à l'entrée inverseuse du comparateur 65. Le point commun entre la cathode de la diode D1 et la résistance R1 est référencé E21 à la figure 5.

Par ailleurs, un condensateur C1, de valeur égale à 100nF par exemple, est connecté entre l'entrée inverseuse du comparateur 65 et la masse. L'anode de la diode D1 est donc connectée au point commun entre la résistance R1 et le condensateur C1.

Tant que la diode D1 est bloquée, le condensateur C1 et la résistance R1 forment ensemble un filtre passe-bas de constante de temps égale au produit  $R1 \cdot C1$ , la résistance R1 ayant une valeur très supérieure à la valeur  $r_d$  de la résistance interne de D1 en sorte que R1 est court-circuitée lorsque D1 conduit.

Lorsque la diode D1 est passante, la résistance interne  $r_d$  de celle ci et le condensateur C1 forment ensemble un filtre passe-bas de constante de temps  $r_d \cdot C1$  très inférieure à la constante de temps  $R1 \cdot C1$ .

Le fonctionnement du dispositif de l'invention tel que représenté à la figure 5 va maintenant être décrit en détails, en regard des figures 7a et 7b.

A la figure 7a, on a représenté en fonction du temps la tension V1 au point M1 ou au point E21 (courbe 71) par rapport à la masse, et la tension aux bornes du condensateur C1 (courbe 72) lorsque l'interrupteur correspondant I1 est ouvert (phases I et II), c'est à dire lorsque le sortie OUT1 du circuit 60 est à l'état haut, et lorsque le rotor est bloqué. A la figure 7b, on a représenté le niveau correspondant en sortie S du comparateur 65.

A l'instant 0, lorsque l'interrupteur I1 s'ouvre, la surtension au point M1 (ou E21) se produit et la courbe 71 présente un pic correspondant. Le condensateur

C1 se charge alors avec la constante de temps  $R1 \cdot C1$ . La diode D1 est bloquée car la tension au point E21 est supérieure à celle aux bornes du condensateur C1. La sortie S du comparateur 65 est alors au niveau haut (figure 7b).

A l'instant  $t1$ , la tension  $V1$  devient inférieure à la tension aux bornes de C1 et les deux courbes 71 et 72 se croisent. Le courant dans la résistance R1 s'inverse, le condensateur C1 commençant à se décharger. La sortie S du comparateur 65 bascule et passe au niveau bas (figure 7b).

A l'instant  $t2$ , la tension  $V1$  devient inférieure à la tension aux bornes de C1 moins la tension  $Vd$ , ou tension de seuil de la diode D1. La diode D1 devient donc passante, et le condensateur C1 se décharge rapidement avec la constante de temps  $rd \cdot C1$ , en sorte que la tension aux bornes de C1 devient très rapidement égale à  $V1 + Vd$ .

A l'instant  $t3$ , la tension  $V1$  passe par un minimum et la courbe 71 commence à remonter.

A l'instant  $t4$ , la tension  $V1$  devient supérieure à la tension aux bornes de C1 moins la tension  $VD$  et la diode D1 se bloque. Le courant dans la résistance R1 s'inverse de nouveau et le condensateur C1 se charge avec la constante de temps  $R1 \cdot C1$ .

Entre les instants  $t2$  et  $t4$ , les courbes 71 et 72 restent sensiblement parallèles, l'écart entre la tension  $V1$  et la tension aux bornes de C1 correspondant à la tension  $Vd$ .

A l'instant  $t5$ , la tension  $V1$  devient supérieure à la tension aux bornes de C1 et les deux courbes 71 et 72 se croisent. La sortie du comparateur 65 bascule et passe au niveau haut (figure 7b).

A la figure 8b, on a représenté à nouveau les courbes 71 et 72 de la figure 7a sur quatre cycles de

commande complets, les impulsions d'horloge étant représentées à la figure 8a avec la période T.

Les deux premiers cycles de commande (en partie gauche) correspondent à une situation de fonctionnement normal : on peut voir que la courbe 72 reste toujours en dessous de la courbe 71, c'est à dire que la tension aux bornes de C1 est toujours inférieure à la tension V1 au point E21 ; ceci provient de l'existence de la constante de temps  $R1 \cdot C1$  lors de la charge de C1 ; il en résulte que le signal en sortie S du comparateur 65 (figure 8b) reste au niveau haut pendant les phases I et II du cycle.

Les deux autres cycles de commande (en partie droite de la figure 8b) correspondent à une situation de blocage complet du rotor telle que décrite en détails en regard des figures 7a et 7b ci-dessus : on voit que le signal en sortie S du comparateur 65 présente un front montant 85 pendant les phases I ou II du cycle de commande

En cas de blocage complet du rotor, le signal en sortie S du comparateur 65 comporte donc un front montant pendant les phases de commande I et II, alors qu'il n'en est pas ainsi en cas de fonctionnement normal.

Ce front montant est utilisé selon l'invention pour détecter le blocage complet du rotor. Ainsi qu'on l'aura compris, le changement de signe du gradient de la tension aux bornes de la bobine MM1 du stator est surveillé par des moyens du dispositif selon l'invention comprenant un moyen de mémorisation de la valeur minimale de cette tension, à la valeur Vd près, et un moyen de comparaison entre ladite valeur minimale et la valeur courante de cette tension, un blocage complet du rotor étant détecté lorsque la valeur minimale est dépassée par la valeur courante.

Le moyen de mémorisation de la valeur minimale de la tension aux bornes de la bobine comprend le

condensateur C1, la résistance R1 et la diode D1 connectés ainsi qu'il a été dit plus haut. La combinaison de l'effet de ces trois composants, notamment dans le fait que la constante de temps à la charge de C1, qui est égale à  $R1 \cdot C1$  lorsque D1 est bloquée, soit beaucoup plus élevée que la constante de temps à la décharge de ce condensateur, qui est égale à  $r_d \cdot C1$  lorsque D1 conduit, rend les valeurs de C1 et R1 non critiques pour assurer la mémorisation aux bornes de C1 de la tension minimale aux bornes de la bobine (tension V1) à la valeur Vd près.

La tension de conduction de la diode D1 constitue en outre une marge de détection dont l'avantage est de supprimer les risques de détection erronée d'un blocage du rotor.

Le moyen de comparaison comprend essentiellement le comparateur 65, dont le changement d'état lorsque la bobine MM1 n'est pas parcourue par un courant traduit le blocage du rotor.

La sortie S du comparateur 65 est suivie d'un pont diviseur de tension formé par les résistances R12 et R13 dont le rôle est de ramener la tension au point S lorsque la sortie du comparateur est au niveau haut à une valeur acceptable sur l'entrée numérique INT du circuit 60 (5 Volts en pratique). Les deux résistances sont donc connectées en série entre le point S et la masse, le point commun entre elles étant relié à l'entrée INT du circuit 60. On peut qualifier le signal porté sur cette entrée de signal de détection du blocage du rotor.

Par conception, le circuit 65 peut, à la réception sur son entrée numérique INT d'un front montant, générer une interruption dans le déroulement du programme en cours d'exécution et, par exemple, enchaîner sur l'exécution d'une sous-routine particulière. A réception d'un tel front, le programme pilotant le microcontrôleur peut ainsi effectuer un traitement

déterminé en fonction de la valeur de certaines variables du programme.

A la figure 6, on a représenté un second mode de réalisation possible du dispositif de l'invention qui constitue un mode de réalisation préféré. Sur cette figure, les mêmes éléments que ceux de la figure 5 portent les mêmes références et ne seront pas décrits à nouveau dans ce qui suit.

Le dispositif représenté à la figure 6 se distingue de celui représenté à la figure 5 en ce qu'il comporte en outre une seconde diode D2 dont l'anode est connectée à la seconde borne M3 de la bobine MM3 et dont la cathode est connectée à l'entrée non inverseuse du comparateur 65. Une résistance R2 supplémentaire est également connectée entre le point E21 et cette entrée.

La diode D2 et la résistance R2 constituent un « OU » câblé permettant d'injecter sur l'entrée non inverseuse du comparateur 65 la tension V3 au point M3, qui, comme nous l'avons dit plus haut, est en opposition de phase avec la tension V1 présente au point M1.

L'effet avantageux de cette caractéristique de l'invention se comprend aisément à la lecture de la figure 8c.

En effet, puisque les signaux de commande des bobines MM1 et MM3 sont en opposition de phase et que chacun de ces signaux est à l'état haut pendant une moitié du temps et à l'état bas pendant l'autre moitié du temps, la combinaison des tensions V1 et V2 en entrée du comparateur 65 produit un signal en sortie S qui est constamment à l'état haut dans le cas d'un fonctionnement normal (deux premiers cycles de commande en partie gauche de la figure 8c).

Ce n'est que lorsqu'un blocage complet du rotor se produit (deux cycles en partie droite de la figure 8c) que le signal en sortie S passe à l'état bas. C'est le

front montant 87 lors du retour à l'état haut de ce signal qui caractérise le blocage complet du rotor. Le signal représenté à la figure 8c peut être porté sur une entrée numérique INT du circuit de contrôle 60 de la figure 6. Cette entrée est alors avantageusement une

Dans tous les cas, le programme de commande du moteur pas à pas est conçu pour inhiber le compteur/décompteur du nombre de pas commandés par le circuit 60. La valeur de ce compteur étant utilisée pour mémoriser la position instantanée du rotor du moteur, on évite ainsi la perte de synchronisme entre le nombre de pas commandés et le nombre de pas réellement effectués par le servomoteur pas à pas.

Par ailleurs, le circuit peut déclencher l'exécution d'un sous-programme particulier destiné à assurer un traitement adapté à la situation de blocage du rotor, par exemple l'affichage d'une information visuelle sur le tableau de bord ou la transmission d'une information correspondante à une installation de chauffage ventilation et/ou climatisation.

Ainsi qu'on aura pu s'en rendre compte, le signal de détection du blocage du rotor est généré par le dispositif de commande du moteur avec des moyens relativement simples.

La présente invention a été décrite dans le cadre d'un moteur pas à pas unipolaire comportant quatre phases commandées en tension, mais il est bien évident qu'elle peut aussi s'appliquer au cas d'un moteur bipolaire et/ou comportant un nombre  $n$  quelconque de phases.

L'invention a été décrite selon un mode de réalisation préféré mais non limitatif.

En particulier, il est bien évident qu'il est possible de surveiller n'importe quelle bobine du stator, une interruption du programme de commande du moteur

n'étant générée que pendant les phases de commande pendant lesquelles le courant à travers cette bobine est nul.

5 L'invention concerne aussi une installation de chauffage, ventilation et/ou climatisation, notamment pour véhicule automobile, qui comporte au moins un volet de réglage de la quantité ou de la qualité (chaud/froid) de l'air, ce volet étant entraîné par un motoréducteur pas à pas mettant en oeuvre le dispositif de commande  
10 présenté ci-dessus.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de détection du blocage du rotor d'un moteur pas à pas comportant un rotor magnétique (1) et un stator (2-3) qui présente une pluralité de bobines (MM1-MM4) commandées en tension selon une séquence répétitive (phases I à IV) afin d'entraîner le rotor en rotation, caractérisé en ce qu'on surveille un changement du signe du gradient de la tension aux bornes d'au moins une bobine déterminée (MM1) du stator pendant les phases (I-II) de la séquence de commande où le courant dans ladite bobine (MM1) surveillée est nul.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- mémorisation de la valeur minimale de la tension aux bornes de la bobine surveillée (MM1) du stator ;

- comparaison entre ladite valeur mémorisée et la valeur courante de cette tension ;

- génération d'une information de blocage lorsque, pendant les phases (I-II) de la séquence de commande où le courant dans la bobine (MM1) à surveiller est nul, ladite valeur courante devient supérieure à ladite valeur mémorisée plus une marge déterminée (Vd).

3. Dispositif pour la commande d'un moteur pas à pas unipolaire mettant en oeuvre un procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, du type comprenant une unité de contrôle (4) pour commander la tension aux bornes des bobines selon une séquence répétitive (phases I à IV) afin d'entraîner le rotor en rotation, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de détection du blocage du rotor comprenant des moyens de surveillance d'un changement du signe du gradient de la tension aux bornes



d'au moins une bobine déterminée (MM1) du stator pendant les phases (I-II) de la séquence de commande où le courant dans la bobine (MM1) surveillée est nul.

5                   4. Dispositif selon la revendication 3  
caractérisé en ce que les moyens de surveillance d'un  
changement du signe du gradient de la tension aux bornes  
de la bobine surveillée (MM1) comprennent un moyen de  
10                   mémorisation de la valeur minimale de cette tension  
(R1,C1,D1), et un moyen de comparaison entre ladite  
valeur mémorisée et la valeur courante de cette tension  
dont la sortie (S) change d'état lorsque, pendant les  
phases (I-II) de la séquence de commande où le courant  
dans la bobine (MM1) surveillée est nul, ladite valeur  
15                   courante devient supérieure à ladite valeur mémorisée  
plus une marge déterminée (Vd).

                  5. Dispositif selon la revendication 4  
caractérisé en ce que le moyen de mémorisation de la  
20                   valeur minimale de la tension aux bornes de la bobine  
surveillée (MM1) comprend un condensateur (C1) qui est  
chargé par la tension (V1) aux bornes de la bobine  
surveillée (MM1) à travers une première résistance (R1)  
et une première diode (D1) connectée en parallèle sur la  
25                   ladite résistance (R1) et dont l'anode est connectée  
entre ledit condensateur (C1) et ladite résistance (R1).

                  6. Dispositif selon la revendication 4  
caractérisé en ce que le moyen de comparaison comprend un  
30                   comparateur (65) dont une première entrée (+) reçoit la  
tension aux bornes de la bobine surveillée (MM1) et dont  
la seconde entrée (-) reçoit la tension mémorisée dans le  
moyen de mémorisation (R1,C1,D1).

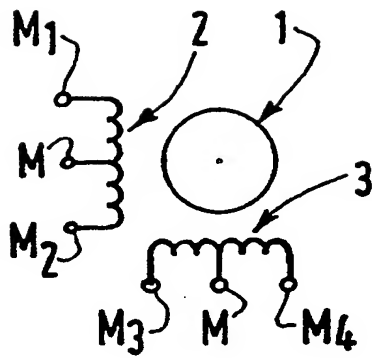
7. Dispositif selon la revendication 4 caractérisé en ce que le moyen de comparaison comprend un comparateur (65) dont une première entrée (+) reçoit d'une part la tension aux bornes de la bobine surveillée (MM1) à travers une deuxième résistance (R2), et d'autre part la tension aux bornes d'une seconde bobine (MM3) commandée en opposition de phase par rapport à la bobine surveillée (MM1) à travers une seconde diode (D2), et dont la seconde entrée (-) reçoit la tension mémorisée dans le moyen de mémorisation (R1, C1, D1).

8. Dispositif selon l'une des revendications 6 ou 7 caractérisé en ce que l'unité de commande (4) comprend un circuit intégré tel qu'un microcontrôleur (60), et en ce que la sortie (S) du comparateur (65) est connectée à une entrée (INT) dudit circuit (60) à travers un pont diviseur (R12-R13).

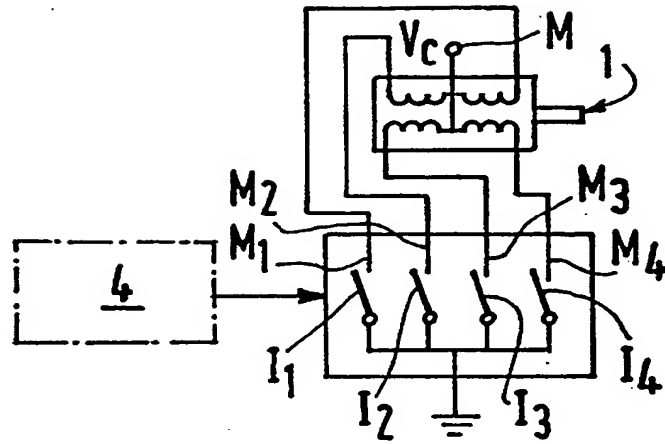
9. Dispositif selon la revendication 8 limité en ce qu'il correspond à un dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite entrée est une entrée d'interruption (INT), une interruption du programme pour la mise en oeuvre de la séquence de commande de la tension aux bornes des bobines du stator étant générée en cas de réception d'un front sur cette entrée pendant les phases (I-II) de la séquence de commande où le courant dans la bobine (MM1) à surveiller est nul.

10. Installation de chauffage ventilation et/ou climatisation caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un volet de réglage de la quantité et/ou de la qualité de l'air qui est entraîné par un motoréducteur pas à pas mettant en oeuvre un dispositif de commande selon l'une des revendications précédentes.

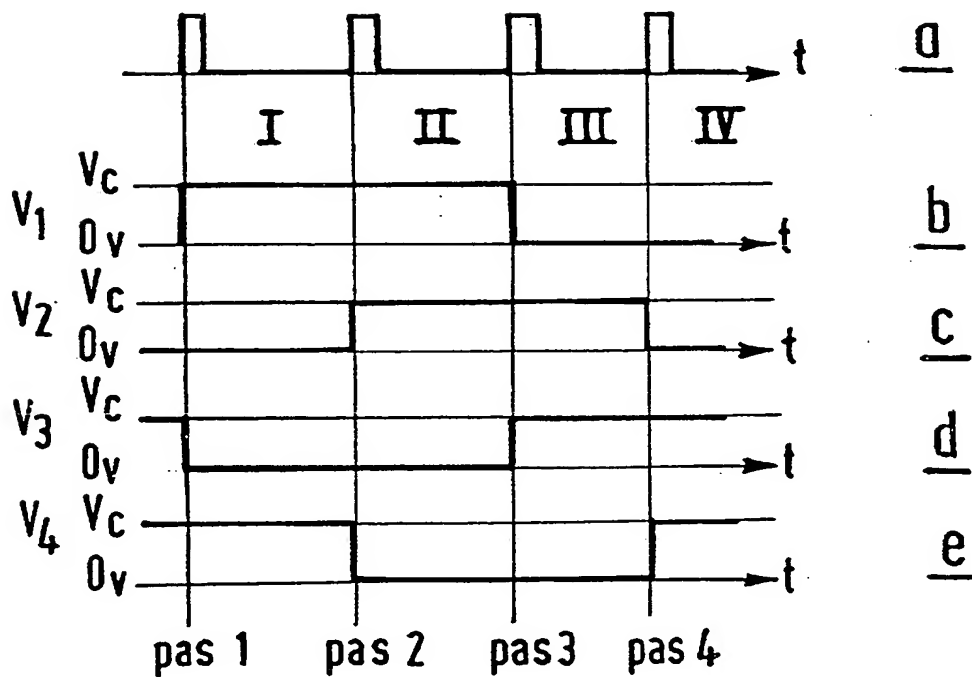
1/6



**FIG.1**



**FIG.2**



**'FIG.3**

2/6

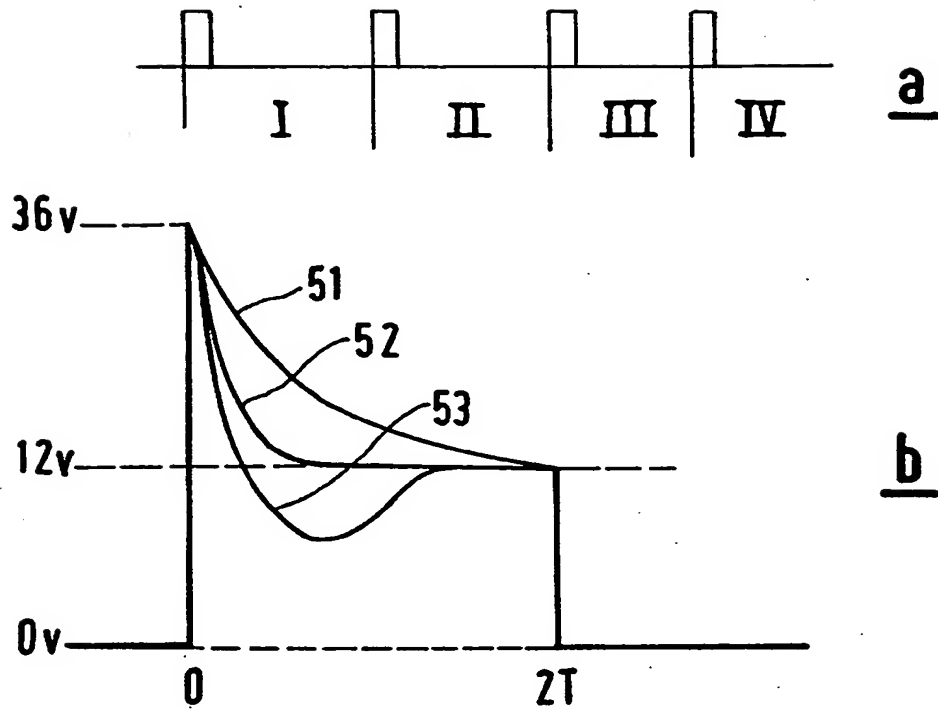
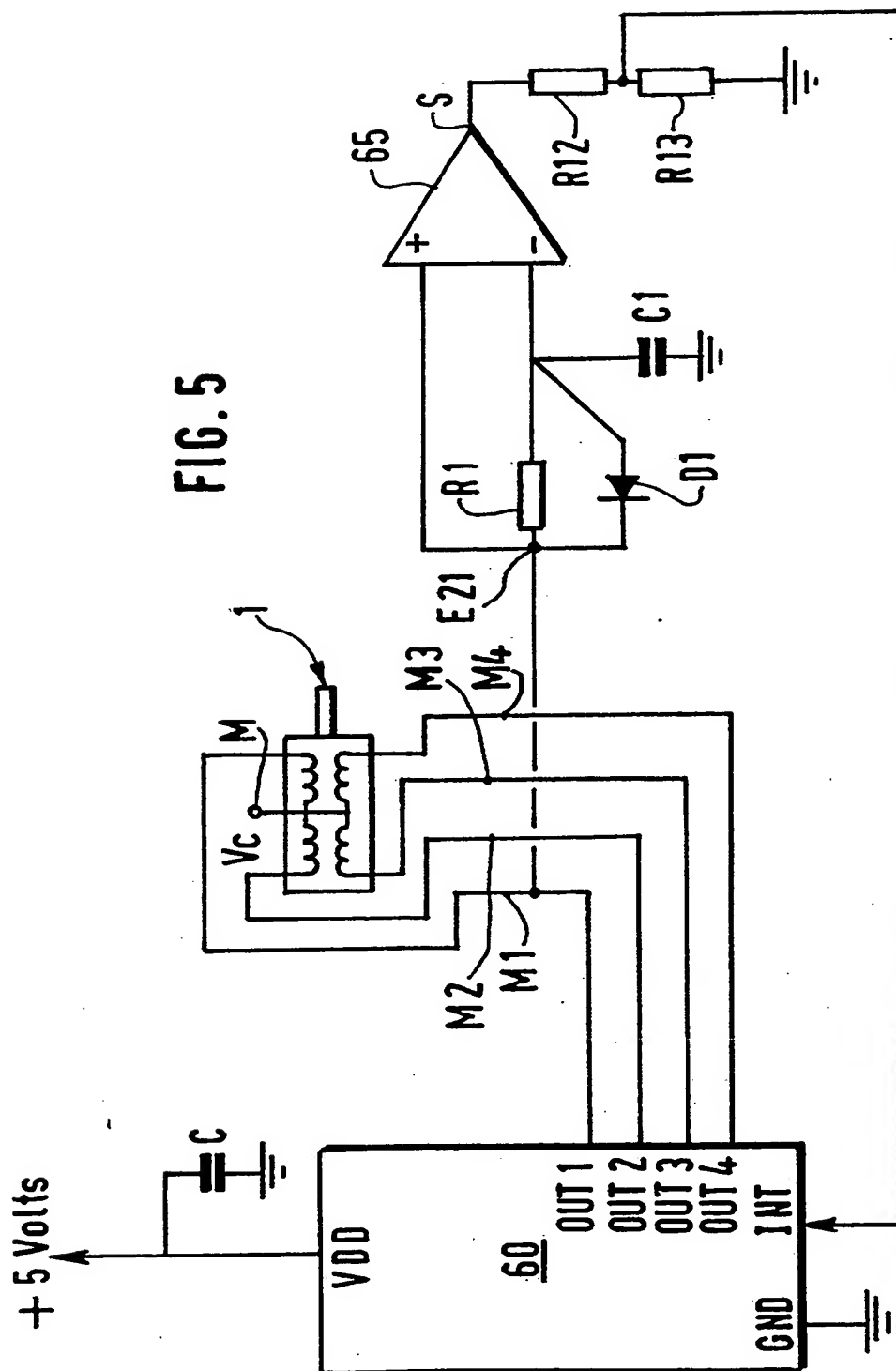
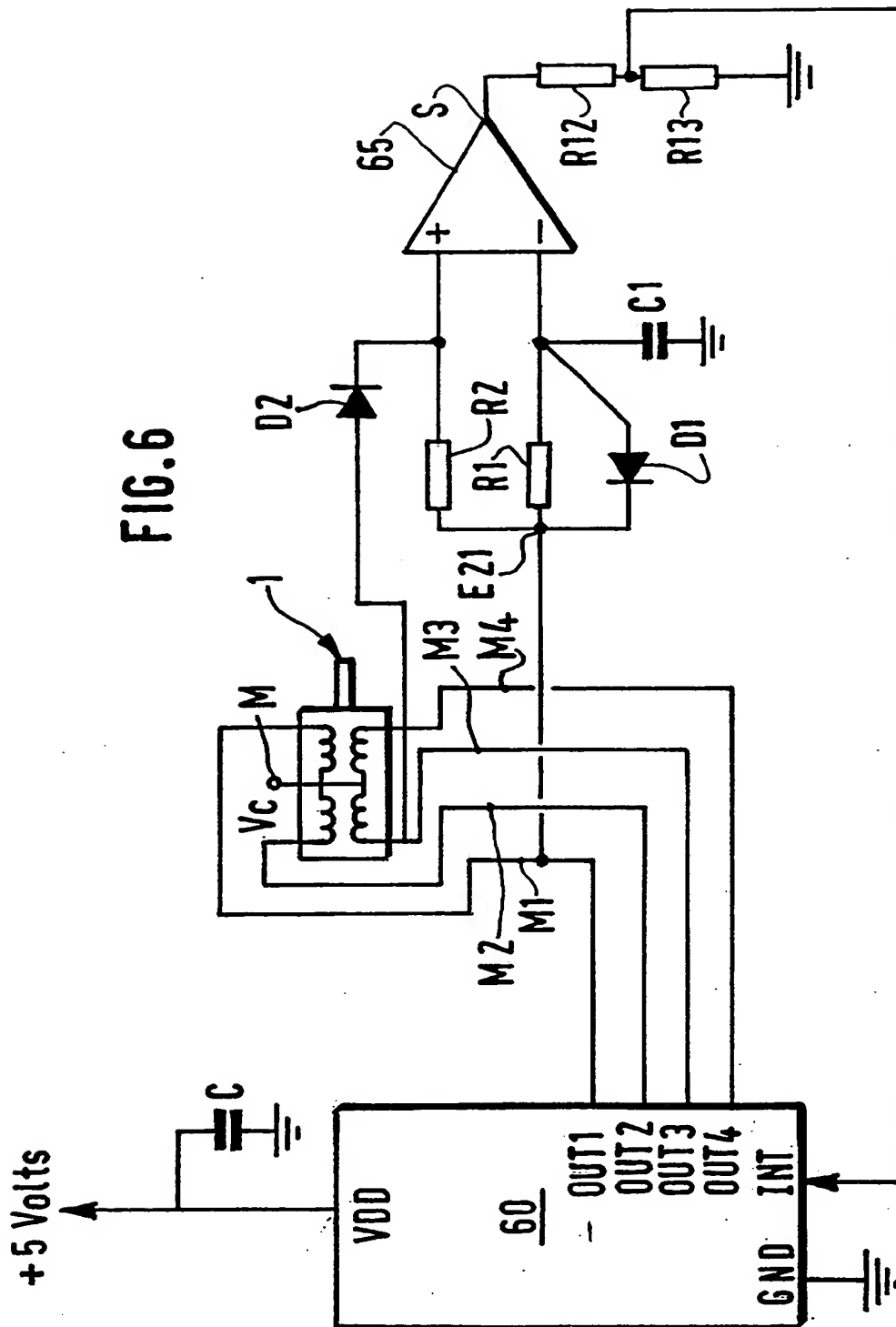


FIG.4

3/6



4/6



5/6

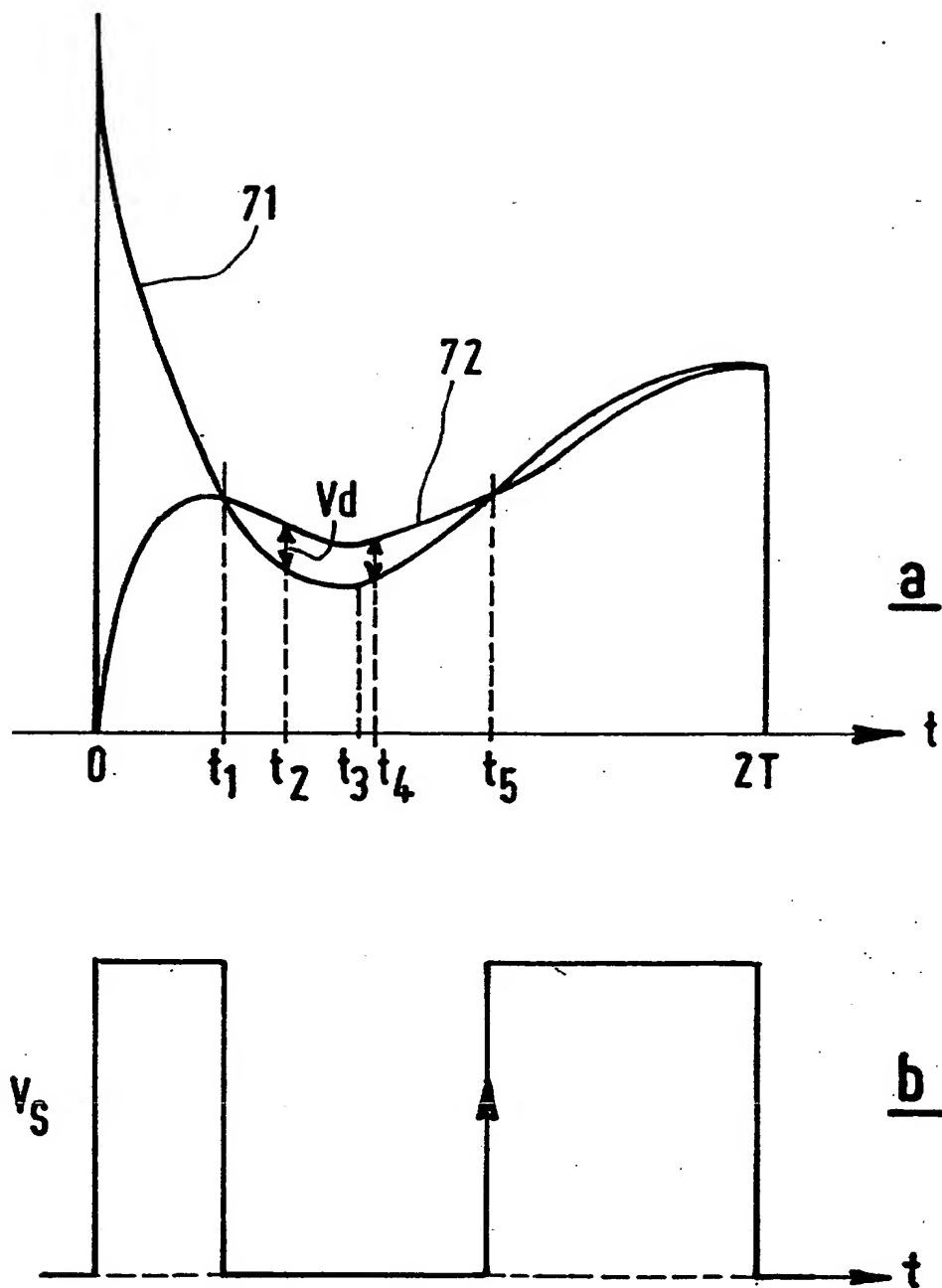
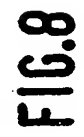


FIG. 7





2750544

N° d'enregistrement  
national

**INSTITUT NATIONAL**  
**de la**  
**PROPRIETE INDUSTRIELLE**

# RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

**établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche**

FA 534106  
FR 9607989

[illegible]

